

IN THE U.S. PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: Bernd RUDOLPH Conf.:  
Appl. No.: **NEW** Group:  
Filed: January 23, 2004 Examiner:  
For: CIRCUIT ARRANGEMENT AND METHOD FOR  
STARTING AND OPERATING GAS DISCHARGE  
LAMPS WITH HEATABLE ELECTRODE  
FILAMENTS

CLAIM TO PRIORITY

Assistant Commissioner for Patents  
Washington, DC 20231

January 23, 2004

Sir:

Applicant(s) herewith claim(s) the benefit of the  
priority filing date of the following application(s) for the  
above-entitled U.S. application under the provisions of 35  
U.S.C. § 119 and 37 C.F.R. § 1.55:

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Filed</u>
GERMANY	103 03 277.0	January 28, 2003

Certified copy(ies) of the above-noted application(s)  
is(are) attached hereto.

Respectfully submitted,

YOUNG & THOMPSON

  
\_\_\_\_\_  
Benoit Castel, Reg. No. 35,041

745 South 23<sup>rd</sup> Street  
Arlington, VA 22202

BC/lmt

Attachment(s): 1 Certified Copy(ies)

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 03 277.0

**Anmeldetag:** 28. Januar 2003

**Anmelder/Inhaber:** Patent-Treuhand-Gesellschaft für elektrische  
Glühlampen mbH, München/DE

**Bezeichnung:** Schaltungsanordnung und Verfahren zum  
Start und Betrieb von Gasentladungslampen  
mit heizbaren Elektrodenwendeln

**IPC:** H 05 B 41/295

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der  
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.



München, den 27. November 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident

Im Auftrag

Stech

# **Patent-Treuhand-Gesellschaft für elektrische Glühlampen mbH., München**

## **Titel**

Schaltungsanordnung und Verfahren zum Start und Betrieb von Gasentladungslampen mit heizbaren Elektrodenwendeln

## **Technisches Gebiet**

Die Erfindung geht aus von einer Schaltungsanordnung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Es handelt sich dabei insbesondere um eine Schaltungsanordnung, die vor einer Zündung von Entladungslampen eine Vorheizung von Elektrodenwendeln der Entladungslampen vornimmt.

## **Stand der Technik**

- 5    Schaltungsanordnungen zum Start und Betrieb von Entladungslampen kommen in elektronischen Betriebsgeräten für Entladungslampen zum Einsatz. Unter dem Start der Entladungslampen wird im folgenden eine Vorheizung von Elektrodenwendeln der Entladungslampen während einer Vorheizphase und eine die Zündung der Entladungslampen während einer Zündphase verstanden. Der Start von Entladungslampen mit einer Vorheiz- und einer Zündphase wird im englischen Sprachgebrauch auch
- 10    Programm Start genannt. Auf die Zündphase folgt eine Betriebsphase, in der die Entladungslampe eine Bogenentladung aufweist.

Ein elektronisches Betriebsgerät für Entladungslampen mit Programm Start benötigt nach dem Stand der Technik eine Schaltungsanordnung, die eine Steuereinheit umfasst, die den Ablauf und die Abfolge von Vorheiz-, Zünd- und Betriebsphase steuert.

15

Bekannt sind Schaltungsanordnungen mit einem Wechselrichter, der über ein Anpassnetzwerk Energie in jeweils ein Ende der Elektrodenwendeln einspeist. Die jeweils anderen Enden sind über einen Resonanzkondensator verbunden. Der Resonanzkondensator und eine Lampendrossel sind Teil eines Resonanzkreises, der eine Resonanzfrequenz aufweist, die im ungedämpften Fall bei einer Eigenfrequenz liegt. Das Anpassnetzwerk wird benötigt, um den Quellwiderstand des Wechselrichters in einen Quellwiderstand des Betriebsgeräts zu transformieren, der zum Betrieb von Entladungslampen geeignet ist. Der besagte Resonanzkreis ist im allgemeinen Bestandteil des Anpassnetzwerks.

10 Der Wechselrichter erzeugt an einem Wechselrichterausgang eine Wechselrichterspannung mit einer Wechselrichterfrequenz, die in einer Vorheizphase bei einer hohen Vorheizfrequenz liegt, die größer ist als die Eigenfrequenz. Der Wert des Resonanzkondensators und der Vorheizfrequenz sind so gewählt, dass sich ein Heizstrom durch die Elektrodenwendeln einstellt, der eine für den jeweiligen Lampentyp ausreichende Vorheizung bewirkt.

Nach der Vorheizphase wird in einer Zündphase die Wechselrichterfrequenz abgesenkt, bis sie so nahe der Eigenfrequenz liegt, dass sich an einer angeschlossenen Entladungslampe eine Zündspannung einstellt, die eine Zündung der Entladungslampe bewirkt.

20 Auf die Zündung der Entladungslampe folgt eine Betriebsphase. Dabei werden Regelgrößen wie z. B. Lampenleistung oder Lampenstrom einem Regler zugeführt. Der Regler wirkt über eine Stellgröße derart auf die Wechselrichterfrequenz, dass sich eine gewünschte Lampenleistung oder ein gewünschter Lampenstrom einstellt.

Der beschriebene Stand der Technik ist in verschiedenen Ausführungsformen in folgenden Schriften beschrieben:

EP 0 845 928 (Mita)

EP 0 930 808 (Kanazawa)

Im Stand der Technik wird eine Steuereinheit benötigt, die in zeitlich richtiger Abfolge in den jeweiligen Phasen die erforderliche Wechselrichterfrequenz einstellt. Zu

dem muss die Steuereinheit die Regelung von Lampenleistung oder Lampenstrom während der Vorheiz- und Zündphase deaktivieren, da in diesen Phasen eine Wechselrichterfrequenz erforderlich ist, die nicht von Lampenleistung oder Lampenstrom abhängt.

- 5 Mit steigendem Kostendruck bei den die Erfindung betreffenden Betriebsgeräten für Entladungslampen wird es immer wichtiger, Teile dieser Betriebsgeräte einzusparen.

### Darstellung der Erfindung

Die vorliegende Erfindung ermöglicht es die o. g. Steuereinheit einzusparen.

- Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine kostengünstige Schaltungsanordnung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bereitzustellen, das den Start und den  
10 Betrieb von Entladungslampen mit Vorheiz-, Zünd- und Betriebsphase bewerkstelligt.

- Diese Aufgabe wird durch eine Schaltungsanordnung mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Anspruchs 1 gelöst. Besonders vorteilhafte Ausgestaltungen finden sich in den abhängi-  
15 gen Ansprüchen.

Im wesentlichen wird die Aufgabe dadurch gelöst, dass eine Schaltungsanordnung gefunden wurde, die eine Vorheiz-, Zünd- und Betriebsphase bewerkstelligt, ohne eine Steuereinheit zu benötigen.

- Eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung besitzt einen Vorheizwiderstand, der  
20 während einer Vorheizphase über die Elektrodenwendeln eine Dämpfung des Resonanzkreises bewirkt, wodurch die Resonanzfrequenz des Resonanzkreises von der Eigenfrequenz auf eine Dämpfungsresonanz-Frequenz reduziert wird. Nach der Vorheizphase nimmt der Vorheizwiderstand einen Wert an, der so ausgelegt ist, dass die Resonanzfrequenz des Resonanzkreises nahe der Eigenfrequenz liegt.

Ein Regler regelt über ein Stellsignal, das die Wechselrichterfrequenz beeinflusst, den Lampenstrom oder die Lampenleistung. Der Begriff Lampenstrom bezeichnet den Strom, der durch die Gasentladung von an Lampenklemmen angeschlossenen Entladungslampen fließt.

- 5 Einem ersten Reglereingang (B1), wird eine erste elektrische Größe eingespeist, die dem Lampenstrom entspricht, wobei für den Fall, dass keine Gasentladung vorliegt, die erste elektrische Größe einen Startwert annimmt und für den Fall, dass eine Gasentladung vorliegt, die erste elektrische Größe über einem Minimalwert liegt.


- 10 Erfindungsgemäß ist die Schaltungsanordnung so ausgelegt, dass für den Fall, dass die erste elektrische Größe den Startwert annimmt, der Regler den Wechselrichter auf eine Startfrequenz einstellt, die zwischen der Dämpfungsresonanz-Frequenz und der Eigenfrequenz liegt. Die Startfrequenz wird so lange ausgegeben, wie die erste elektrische Größe unter dem Minimalwert liegt. Eine Regelung findet demnach bei Werten der ersten elektrischen Größe unter dem Minimalwert nicht statt. In diesem  
15 Zustand befindet sich die Schaltungsanordnung entweder in der Vorheiz- oder der Zündphase. Die Art der Phase wird durch den Wert des Vorheizwiderstandes bestimmt.

- Ist der Wert des Vorheizwiderstandes niedrig, so fließt ein hoher Heizstrom durch die Elektrodenwendeln: Die Schaltungsanordnung befindet sich in der Vorheizphase.  
20 Die Resonanzfrequenz des Resonanzkreises ist durch den Realteil des der Widerstands der Elektrodenwendeln und des Vorheizwiderstands auf die Dämpfungsresonanz-Frequenz gedrückt. Erfindungsgemäß liegt die Startfrequenz über der Dämpfungsresonanz-Frequenz. Der Versatz zwischen Startfrequenz und Dämpfungsresonanz-Frequenz, sowie die Dämpfung des Resonanzkreises bewirken, dass an angeschlossenen Entladungslampen eine Spannung anliegt, die für eine Zündung nicht  
25 ausreicht.

Steigt nach der Vorheizphase der Wert des Vorheizwiderstands an, so steigt die Resonanzfrequenz des Resonanzkreises und nähert sich der Startfrequenz, die der Wechselrichter immer noch ausgibt. Gleichzeitig verringert sich die Dämpfung des


Resonanzkreises. Beide Effekte führen zu einem Wechsel der Schaltungsanordnung in die Zündphase. Während der Zündphase liegt an angeschlossenen Entladungslampen eine Spannung an, deren Wert so hoch ist, dass die Entladungslampen zünden.

5 Damit stellt sich ein Lampenstrom ein, der erfindungsgemäß zu einem Wert für die erste elektrische Größe führt, der über dem Minimalwert liegt. Damit beginnt der Regler zu arbeiten; d. h. er stellt eine Wechselrichterfrequenz ein, die eine gewünschte Lampenleistung oder einen gewünschten Lampenstrom bewirkt. In diesem Zustand befindet sich die Schaltungsanordnung in der Betriebsphase.

 10 Durch die dargestellte erfindungsmäßige Abstimmung von Dämpfungsresonanzfrequenz, Eigenfrequenz, Startfrequenz, Startwert, Minimalwert und Vorheizwiderstand ist keine o. g. Steuereinheit nötig, die die Abfolge der Phasen der Schaltungsanordnung steuert.

### **Kurze Beschreibung der Zeichnung**

15 Im folgenden soll die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf eine Zeichnung näher erläutert werden.

 Die Figur zeigt ein Ausführungsbeispiel für eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung zum Start und Betrieb von Entladungslampen.

20 Im folgenden werden Widerstände durch den Buchstaben R, Transistoren durch den Buchstaben T, Spulen durch den Buchstaben L, Verstärker durch den Buchstaben A, Dioden durch den Buchstaben D, Knotenpotenziale durch den Buchstaben N und Kondensatoren durch den Buchstaben C jeweils gefolgt von einer Zahl bezeichnet.

### **Bevorzugte Ausführung der Erfindung**

In der Figur ist ein Ausführungsbeispiel für eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung zum Start und Betrieb von Entladungslampen dargestellt.

An den Anschlüssen J1 und J2 ist eine Netzspannung anschließbar. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird die Schaltungsanordnung an einer Netzspannung betrieben. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht an den Betrieb an einer Netzspannung gebunden. Eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung kann beispielsweise  
5 auch an einer Batteriespannung betreiben werden.

In der Figur wird über ein Filter, bestehend aus zwei Kondensatoren C1, C2 und zwei Spulen L1, L2, die Netzspannung einem Vollbrückengleichrichter bestehend aus den Dioden D1, D2, D3, D4 zugeführt. Der Vollbrückengleichrichter stellt an seinem positiven Ausgang, einem Knoten N21, bezüglich einem Bezugsknoten N0  
10 die gleichgerichtete Netzspannung bereit.

Falls die in Rede stehenden Schaltungsanordnungen in Betriebsgeräte zu Anwendung kommen, die an einer Netzspannung betrieben werden, unterliegen sie einschlägigen Vorschriften bezüglich Netzstrom-Oberschwingungen, z. B. IEC 1000-3-2. Damit diese Vorschriften eingehalten werden, sind schaltungstechnische Maßnahmen zur  
15 Reduzierung von Netzstrom-Oberschwingungen nötig. Eine derartige Maßnahme ist der Einbau sog. Ladungspumpen. Der Vorteil von Ladungspumpen besteht im geringen schaltungstechnischen Aufwand, der für deren Realisierung nötig ist.

Die Topologie einer Ladungspumpe beinhaltet, dass der Gleichrichter über einen elektronischen Pumpschalter mit dem Hauptenergiespeicher gekoppelt ist. Dadurch  
20 entsteht zwischen dem Gleichrichter und dem elektronischen Pumpschalter ein Pumpknoten. Der Pumpknoten ist über ein Pumpnetzwerk mit dem Wechselrichter- ausgang gekoppelt. Das Pumpnetzwerk kann Bauteile enthalten, die zugleich dem Anpassnetzwerk zugeordnet werden können. Das Prinzip der Ladungspumpe besteht darin, dass während einer Halbperiode der Wechselrichterfrequenz über den Pump-  
25 knoten Energie der Netzspannung entnommen und im Pumpnetzwerk zwischengespeichert wird. In der darauf folgenden Halbperiode der Wechselrichterfrequenz wird die zwischengespeicherte Energie über den elektronischen Pumpschalter dem Haupt- energiespeicher zugeführt.



Der Netzspannung wird demnach Energie im Takt der Wechselrichterfrequenz entnommen. Im allgemeinen enthält das elektronische Betriebsgerät Filterschaltungen, die Spektralanteile des Netzstroms unterdrücken, die bei der Wechselrichterfrequenz oder darüber liegen. Die Ladungspumpe kann so ausgelegt werden, dass die Oberschwingungen des Netzstroms so gering sind, dass besagte Vorschriften eingehalten werden. Folgende Schriften beschreiben ausführlich Ladungspumpen für elektronische Betriebsgeräte für Entladungslampen:

Qian J., Lee F.C., Yamauchi T.: "Analysis, Design and Experiments of a High-Power-Factor Electronic Ballast", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 34, No. 3, May/June 1998

Qian J., Lee F.C., Yamauchi T.: "New Continuous Current Charge Pump Power-Factor-Correction Electronic Ballast", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 35, No. 2, March/April 1999

Da es sowohl Ladungspumpen als auch die vorliegende Erfindung einen geringen Schaltungstechnischen Aufwand bedeuten, ist es vorteilhaft, die vorliegende Erfindung mit einer Ladungspumpe zu kombinieren.

In der Figur wird über die Dioden D5 und D6 die gleichgerichtete Netzspannung zwei Pumpknoten N22 und N23 zugeführt. Das Ausführungsbeispiel in der Figur besitzt demnach zwei sog. Pumpzweige. Um die Pumpzweige gegeneinander zu entkoppeln sind die Dioden D5 und D6 nötig. Bei nur einem Pumpzweig kann ein Pumpknoten direkt mit dem Gleichrichterausgang, dem Knoten 21, verbunden werden. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die im Gleichrichter verwendeten Dioden schnell genug schalten können, um der Wechselrichterfrequenz zu folgen. Falls dies nicht der Fall ist, muss auch bei nur einem Pumpzweig eine schnelle Diode zwischen Gleichrichterausgang und Pumpknoten geschaltet werden. Im Ausführungsbeispiel in Figur 2 sind die Pumpknoten mit dem positiven Ausgang des Gleichrichters gekoppelt. Aus der Literatur sind auch Ladungspumpen-Topologien bekannt, bei denen Pumpknoten mit dem negativen Ausgang des Gleichrichters gekoppelt sind.

Von den Pumpknoten N22 und N23 führt jeweils ein elektronischer Pumpschalter, die als Dioden D7 und D8 ausgeführt sind, zum Knoten N24. Zwischen N24 und N0

ist der Hauptenergiespeicher, der als Elektrolytkondensator C3 ausgeführt ist, geschaltet.

Falls die vorliegende Erfindung ohne Ladungspumpe ausgeführt werden soll, muss der Knoten N21 mit dem Knoten N24 verbunden werden. Die Bauteile D5, D6, D7,  
5 D8, C8, C9, und L4 entfallen dann.

C3 speist den Wechselrichter, der als Halbbrücke ausgeführt ist. Es sind jedoch auch andere Wandlertopologien wie z. B. Sperrwandler oder Vollbrücke einsetzbar. Vorteilhaft wird für Lampenleistungen zwischen 5W und 300W eine Halbbrücke eingesetzt, da sie die kostengünstigste Topologie darstellt. Im wesentlichen besteht die  
10 Halbbrücke aus einer Serienschaltung zweier Halbbrückentransistoren T1 und T2 und einer Serienschaltung zweier Koppelkondensatoren C4 und C5. Beide Serienschaltungen sind parallel zu C3 geschaltet. Ein Verbindungsknoten N25 der Halbbrückentransistoren und ein Verbindungsknoten N26 der Koppelkondensatoren bilden den Wechselrichterausgang an dem eine rechteckförmige Wechselrichterspannung mit einer Wechselrichterfrequenz anliegt.  
15

Zwischen N25 und einem Lampenspannungsknoten N27 ist eine Lampendrossel L3 geschaltet. An N27 ist der Anschluss J3 geschaltet, an dem im Ausführungsbeispiel die Serienschaltung zweier Entladungslampen Lp1 und Lp2 geschaltet ist. Die vorliegende Erfindung ist jedoch auch mit einer oder mehreren Lampen ausführbar. Der  
20 Strom durch die Entladungslampen Lp1 und Lp2 fließt über einen Anschluss J8, durch eine Wicklung W1 eines Messtransformators zum Knoten N26. Im wesentlichen wird damit die Wechselrichterspannung an eine Serienschaltung zweier Entladungslampen Lp1, Lp2 und der Lampendrossel L3 angelegt.

Der in J3 eingespeiste Strom fließt nicht nur durch die Gasentladung der Entladungslampen Lp1, Lp2 sondern auch durch eine äußere Wendel der ersten Entladungslampe Lp1 zu einem Anschluss J4. Von dort weiter durch eine Wicklung W4 eines Heiztransformators, weiter durch einen variablen Widerstand R1, weiter durch eine Wicklung W3 des Messtransformators zum Anschluss J7. Am Anschluss J7 ist eine äußere  
25 Wendel der zweiten Entladungslampe Lp2 angeschlossen, deren anderes Ende zum

Anschluss J8 führt. Zwei innere Wendeln der Entladungslampen Lp1 und Lp2 sind jeweils über die Anschlüsse J5 und J6 mit der Wicklung W5 des Heiztransformators verbunden. Durch die in diesem Absatz beschriebene Anordnung bewirkt die Wechselrichterspannung nicht nur einen Strom durch die Gasentladung der Entladungslampen Lp1, Lp2 sondern auch einen Heizstrom durch die äußeren Wendeln und über den Heiztransformator auch einen Heizstrom durch die inneren Wendeln der Entladungslampen Lp1, Lp2. Soll nur eine Entladungslampe betrieben werden, so kann der Heiztransformator entfallen.

Der Heizstrom wird im wesentlichen vor der Zündung der Entladungslampen Lp1, Lp2 während einer Vorheizphase als Vorheizstrom für die Vorheizung der Wendeln benötigt. Den Wert des Heizstroms bestimmt wesentlich der Vorheizwiderstand R1. Während der Vorheizphase ist der Wert von R1 so gering, dass ein durch Lampendaten vorgegebener Heizstrom erreicht wird. Nach der Vorheizphase erhöht sich der Wert von R1, so dass im Vergleich zum Strom durch die Gasentladung der Entladungslampen Lp1, Lp2 vernachlässigbarer Heizstrom fließt. Im Ausführungsbeispiel ist R1 durch einen sog. PTC oder Kaltleiter realisiert. Dabei handelt es sich um einen Widerstand der im kalten Zustand einen geringen Widerstand aufweist. Durch den Heizstrom wird der Kaltleiter aufgeheizt, wodurch sein Widerstandswert steigt. R1 kann auch durch einen elektronischen Schalter realisiert werden, der in der Vorheizphase geschlossen und danach geöffnet ist. In Serie zu diesem Schalter kann ein Widerstand mit konstantem Widerstandswert geschaltet sein. Damit ist ein schneller Übergang von der Vorheizphase zur Zündphase möglich.

Durch die beschriebene Anordnung zum Vorheizen der Wendeln ist während der Vorheizphase durch Dämpfung die Resonanzfrequenz eines im nächsten Abschnitt beschriebenen Resonanzkreises geringer als dessen Eigenfrequenz. Erfindungsgemäß wird während der Vorheizphase eine Wechselrichterfrequenz gewählt, die unter der Eigenfrequenz liegt. Vorteilhaft ergibt sich damit ein hoher Heizstrom und damit eine kurze Vorheizphase.

Der Lampenspannungsknoten N27 ist über einen ersten Resonanzkondensator C6 mit dem Pumpknoten N23 verbunden. Zwischen N23 und N0 ist ein zweiter Resonanz-

kondensator C7 geschaltet. C6 und C7 bilden mit der Lampendrossel L3 einen Resonanzkreis. Zur Festlegung der Eigenfrequenz des Resonanzkreises, wird C6 und C7 in Serie geschaltet betrachtet. Der wirksame Kapazitätswert von C6 und C7 bezüglich der Eigenfrequenz ist somit der Quotient aus dem Produkt und der Summe der Kapazitätswerte von C6 und C7. Wird der Resonanzkreis nach der Vorheizphase nahe seiner Eigenfrequenz angeregt, so entsteht über den Lampen eine Zündspannung, die zur Zündung der Entladungslampen führt. Nach der Zündung wirkt L3 zusammen mit C6 und C7 als Anpassnetzwerk, das eine Ausgangsimpedanz des Wechselrichters in eine zum Betrieb der Entladungslampen nötige Impedanz transformiert.

Durch die Verbindung von C6 und C7 mit dem Pumpknoten N23 wirkt die Kombination von L3, C6 und C7 jedoch nicht nur als Resonanzkreis und Anpassnetzwerk, sondern gleichzeitig als Pumpnetzwerk. Ist das Potenzial an N23 niedriger als die momentane Netzspannung, so bezieht das Pumpnetzwerk L3, C6, C7 Energie aus der Netzspannung. Übersteigt das Potenzial an N23 die Spannung am Hauptenergiespeicher C3, so wird die von der Netzspannung aufgenommene Energie an C3 abgegeben. Durch die Wahl des Verhältnisses der Kapazitätswerte von C6 und C7 kann die Wirkung des Netzwerks L3, C6, C7 als Pumpnetzwerk abgeglichen werden. Je größer der Kapazitätswert von C7 gewählt wird, desto geringer ist die Wirkung des Netzwerks L3, C6, C7 als Pumpnetzwerk. Wird die vorliegende Erfindung ohne Ladungspumpe ausgeführt, so kann C7 entfallen.

Eine weitere Pumpwirkung geht von einem Kondensator C8 aus, der zwischen N23 und den Verbindungsknoten N25 der Halbbrückentransistoren T1, T2 geschaltet ist. Auch C8 wirkt nicht nur als Pumpnetzwerk, sondern erfüllt gleichzeitig die Aufgabe eines Snubber-Kondensators. Snubber-Kondensatoren sind allgemein als Maßnahme zur Schalterentlastung in Wechselrichtern bekannt.

Das Pumpnetzwerk für den zweiten Pumpzweig besteht aus der Serienschaltung einer Pumpdrossel L4 und eines Pumpkondensators C9. Dieses Pumpnetzwerk ist zwischen den Verbindungsknoten N25 der Halbbrückentransistoren T1, T2 und den Pumpknoten N22 geschaltet. Beim vorliegenden Ausführungsbeispiel werden zwei

Pumpzweige verwendet, damit die gepumpte Energie auf mehrere Bauteile aufgeteilt wird. Damit ist eine kostengünstigere Dimensionierung der Bauteile möglich. Auch erhält man dadurch einen Freiheitsgrad bei der Auslegung der Abhängigkeit der gepumpten Energie von Betriebsparametern der Entladungslampen. Die Erfindung ist  
5 jedoch auch mit nur einem Pumpzweig realisierbar.

Die Halbbrückentransistoren T1, T2 sind als MOSFET ausgelegt. Auch andere elektronische Schalter können dafür eingesetzt werden. Zur Ansteuerung der Gates von T1 und T2 ist im Ausführungsbeispiel ein integrierter Schaltkreis IC1 vorgesehen. IC1 ist im vorliegenden Beispiel ein Schaltkreis der Firma International Rectifier  
10 vom Typ IR2153. Es sind auch alternative Schaltkreise zu diesem Typ auf dem Markt erhältlich; z. B. L6571 der Firma STM. Der Schaltkreis IR2153 enthält einen sog. High-Side-Treiber mit dem auch der Halbbrückentransistor T1 angesteuert werden kann, obwohl er keinen Anschluss am Bezugspotenzial N0 hat. Dazu sind eine Diode D10 und ein Kondensator C10 nötig.

15 Die Betriebsspannungsversorgung des IC1 erfolgt über den Anschluss 1 des IC1. In Figur 2 ist dazu eine Spannungsquelle VCC zwischen Anschluss 1 des IC1 und N0 vorgesehen. Es sind allgemein mehrere Möglichkeiten bekannt, wie diese Spannungsquelle VCC realisiert werden kann. Im einfachsten Fall kann das IC über einen Widerstand von der gleichgerichteten Netzspannung versorgt werden.

20 Außer den Treiberschaltungen für die Halbbrückentransistoren enthält das IC1 lediglich einen Oszillator, dessen Schwingfrequenz über die Anschlüsse 2 und 3 eingestellt werden kann. Aufgrund der vorliegenden Erfindung ist in IC1 kein Aufwand für eine Steuereinrichtung nötig. Es kann deshalb für IC1 ein kostengünstiger Typ verwendet werden. Die Schwingfrequenz des besagten Oszillators entspricht der  
25 Wechselrichterfrequenz. Zwischen den Anschlüssen 2 und 3 ist ein frequenzbestimmender Widerstand R3 geschaltet. Zwischen Anschluss 3 und N0 ist die Serienschaltung eines frequenzbestimmenden Kondensators C11 und der Emitter-Kollektor-Strecke eines Bipolartransistors T3 geschaltet. Parallel zur Emitter-Kollektor-Strecke von T3 ist eine Diode D9 geschaltet, damit C11 ge- und entladen werden kann.  
30 Durch eine Spannung zwischen dem Basisanschluss von T3 und N0 kann die Wech-

selrichterfrequenz eingestellt werden und bildet somit eine Stellgröße für einen Regelkreis. Der Basisanschluss von T3 ist mit einem Stellgrößenknoten N28 verbunden. T3, IC1 und deren Beschaltung kann somit als Regler aufgefasst werden.

Die Funktionen des IC1 und dessen Beschaltung können auch realisiert werden durch  
5 einen beliebigen spannungs- oder stromgesteuerten Oszillator, der über Treiberschaltungen die Ansteuerung der Halbbrückentransistoren bewerkstelligt.

Der Regelkreis im Ausführungsbeispiel erfasst als Regelgröße den Strom durch die Gasentladung der Entladungslampen Lp1, Lp2. Dazu besitzt der Messtransformator eine Wicklung W2. Der Wickelsinn im Messtransformator ist so ausgelegt, dass von  
10 einem Gesamtstrom in Wicklung W1 der Heizstrom in Wicklung W3 abgezogen wird, so dass in Wicklung W2 ein Strom fließt, der dem Strom durch die Gasentladung der Entladungslampen Lp1, Lp2 proportional ist. Ein Vollbrückengleichrichter gebildet durch Dioden D11, D12, D13 und D14 richtet den Strom durch Wicklung W2 gleich und führt ihn über einen niederohmigen Messwiderstand R4 auf N0. Der  
15 Spannungsabfall an R4 ist somit ein Maß für den Strom durch die Gasentladung der Entladungslampen Lp1, Lp2. Über einen Tiefpass zur Mittelwertbildung, der durch einen Widerstand R5 und einen Kondensator C13 gebildet wird, gelangt der Spannungsabfall an R4 an den Eingang eines nicht invertierenden Messverstärkers.

Der Messverstärker wird in einer bekannten Weise durch einen Operationsverstärker  
20 AMP und die Widerstände R6, R7 und R8 realisiert. Im Ausführungsbeispiel ist eine Verstärkung des Messverstärkers von ca. 10 eingestellt. Für den Fall, dass der Spannungsabfall an R4 Werte aufweist, die direkt als Stellgröße verwendet werden können, kann der Messverstärker entfallen oder durch einen Impedanzwandler, wie z. B. einen Emitterfolger, ersetzt werden.

25 Der Ausgang des Messverstärkers ist über eine Diode D15 mit dem Stellgrößenknoten N28 verbunden. Damit ist der Regelkreis zur Regelung des Stroms durch die Gasentladung der Entladungslampen Lp1, Lp2 geschlossen. Die Diode D15 ist nötig, damit das Potenzial von N28 auf einen Wert angehoben werden kann, der über dem

vom Messverstärker vorgegebenen Wert liegt. Die Anode von D15 stellt einen ersten Reglereingang dar.

Erfindungsgemäß ist die Schaltungsanordnung so ausgelegt, dass ohne Lampenstrom das Potenzial von N28 den Startwert annimmt. Der Startwert ist so gewählt, dass er unterhalb eines Minimalwerts liegt, der den Arbeitsbereich des Transistors T3 und damit des Reglers begrenzt. Schwankungen des Potenzials von N28 haben somit keinen Einfluß auf die Wechselrichterfrequenz, solange das Potenzial von N28 unter dem Minimalwert liegt. Eine Regelung findet nicht statt; der Regelkreis ist nicht geschlossen.

Der Startwert am Potenzial des Knotens N28 bewirkt über T3 und IC1 eine Wechselrichterfrequenz, die der Startfrequenz entspricht. Für die Startfrequenz wird vorteilhaft mittels C11 und R3 eine möglichst niedrige Frequenz gewählt, da damit hohe Heizströme in den Elektrodewendeln und damit kurze Vorheizphasen realisiert werden.

Die Zündphase stellt für die Halbbrückenschalter und für die Bauelemente des Resonanzkreises eine hohe Belastung dar. Um die Schaltungsanordnung vor einer Überlastung zu schützen, ist im Ausführungsbeispiel nach der Figur eine Schutzschaltung vorgesehen. Bei zu hoher Zündspannung wird dadurch die Wechselrichterfrequenz angehoben und somit eine größere Differenz zur Eigenfrequenz des Resonanzkreises eingestellt.

Die Schutzschaltung wirkt erst über einer Zündspannung, die mittels eines Schwellwertschalter eingestellt wird. Der Schwellwertschalter ist in der Figur durch einen Varistor MOV realisiert. Er liegt in einer Serienschaltung mit einem Kondensators C12, einem Widerstand R2 und einer Diode D17, die den Lampenspannungsknoten N27 mit dem Stellgrößenknoten N28 verbindet. Die Anode von D17 stellt einen zweiten Reglereingang dar. N28 ist über die Parallelschaltung eines Widerstandes R9 und eines Kondensators C14 mit N0 verbunden.

An N27 liegt gegenüber N0 eine Spannung an, die ein Maß für die im Resonanzkreis gebildet aus L3, C6 und C7 schwingende Blindenergie und damit für die Zündspan-

nung ist. Überschreitet diese Spannung die Schwellspannung des Varistors MOV, so fließt ein Strom durch R9 und C14 wird aufgeladen. Damit wird die Spannung am Stellgrößenknoten N28 angehoben. Dies bewirkt einen Anstieg der Wechselrichterfrequenz und die im Resonanzkreis schwingende Blindenergie wird reduziert, da die Wechselrichterfrequenz weiter von der Eigenfrequenz des Resonanzkreises abrückt.

Zwischen N0 und dem Verbindungspunkt von R2 und D17 ist die Diode D16 geschaltet. Damit wird im Zusammenspiel mit C12 an N28 die Summe aus positiver und negativer Amplitude der Spannung angelegt, die der Varistor MOV passieren lässt. Statt des Varistors MOV kann ein beliebiger anderer Schwellwertschalter Verwendung finden, wie er z. B. durch Zener-Dioden oder Suppressor-Dioden aufgebaut werden kann. Der Schwellwert des Varistors MOV ist im Anwendungsbeispiel 250Veff gewählt. Durch einen höheren Wert wird mehr Blindenergie im Resonanzkreis zugelassen, was zu einer höheren Zündspannung an den Entladungslampen Lp1, Lp2, aber auch zu einer höheren Belastung von Bauelementen führt. Über den Schwellwert des Varistors MOV kann somit ein gewünschtes Optimum eingestellt werden.

Der Wert des Widerstands R2 beeinflusst die Stärke der Wirkung des erfindungsgemäßen Eingriffs auf den Regelkreis am Stellgrößenknoten N28. Vorteilhaft ist auch ein nichtlinearer Zusammenhang zwischen der Spannung am Stellgrößenknoten N28 und der Wechselrichterfrequenz. Dieser nichtlineare Zusammenhang wird im Anwendungsbeispiel durch die nichtlineare Kennlinie von T3 realisiert. Zudem wird er von der Abhängigkeit der Frequenz des Oszillators im IC1 von der Spannung am Anschluss 3 des IC1 beeinflusst. Ein starker Anstieg der Spannung an N27 führt durch die Nichtlinearität zu einer überproportionalen Erhöhung der Wechselrichterfrequenz, wodurch einer Überlastung von Bauteilen, wie z. B. der Spannungsbelastung von C3 oder der Strombelastung von T1 und T2, vorgebeugt wird.

Nach der Zündung fließt ein Lampenstrom, der das Potenzial am Knoten 28 auf einen Wert hebt, der im Arbeitsbereich von T3 liegt. Damit ist der Regelkreis für den Lampenstrom geschlossen. T3 stellt über IC1 eine Wechselrichterfrequenz ein, die einen gewünschten Lampenstrom bewirkt.



## Ansprüche

### 1. Schaltungsanordnung zum Start und Betrieb von Entladungslampen (Lp1, Lp2) mit folgenden Merkmalen:

- ein Wechselrichter, der an einem Wechselrichterausgang (N25, N26) eine Wechselrichterspannung abgibt, die eine Wechselrichterfrequenz aufweist,
- 5     • an den Wechselrichterausgang (N25) sind über ein Anpassnetzwerk (L3, C6, C7), das einen Resonanzkreis (L3, C6, C7) mit einer Eigenfrequenz aufweist, über Lampenklemmen (J3-J6) Entladungslampen (Lp1, Lp2) mit Elektrodenwendeln anschließbar,
- 10     • ein Vorheizwiderstand (R1), der während einer Vorheizphase über die Elektrodenwendeln eine Dämpfung des Resonanzkreises (L3, C6, C7) bewirkt, wodurch die Resonanzfrequenz des Resonanzkreises (L3, C6, C7) von der Eigenfrequenz auf eine Dämpfungsresonanz-Frequenz reduziert wird,
- 15     • eine Zündphase, in der der Vorheizwiderstand (R1) Werte annimmt, die im Vergleich zur Vorheizphase eine reduzierte Dämpfung des Resonanzkreises (L3, C6, C7) bewirken, wodurch sich die Resonanzfrequenz des Resonanzkreises (L3, C6, C7) der Eigenfrequenz nähert,
- 20     • ein Regler, dessen Reglerausgang ein Stellsignal ausgibt, wobei der Reglerausgang derart mit dem Wechselrichter gekoppelt ist, dass das Stellsignal die Wechselrichterfrequenz beeinflusst,
- 25     • ein erster Reglereingang, in den eine erste elektrische Größe eingespeist wird, die dem Strom der Gasentladung einer angeschlossenen Entladungslampe (Lp1, Lp2) entspricht, wobei für den Fall, dass keine Gasentladung vorliegt, die erste elektrische Größe einen Startwert annimmt und für den Fall, dass eine Gasentladung vorliegt, die erste elektrische Größe über einem Minimalwert liegt,

dadurch gekennzeichnet, dass

für den Fall, dass die erste elektrische Größe den Startwert annimmt, der Regler

eine Wechselrichterfrequenz bewirkt, die zwischen der Dämpfungsresonanz-Frequenz und der Eigenfrequenz liegt und

für den Fall, dass die erste elektrische Größe über dem Minimalwert liegt, der Regler eine Wechselrichterfrequenz bewirkt, die zu einem gewünschten Lampenstrom oder einer gewünschten Lampenleistung führt.

2. Schaltungsanordnung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass, der Regler einen zweiten Reglereingang aufweist, in den über einen Schwellwertschalter (MOV) eine zweite elektrische Größe eingespeist wird, die einer zweiten Betriebsgröße entspricht, die ein Maß für die Blindenergie ist, die im Resonanzkreis (L3, C6, C7) schwingt, wobei der Wert der zweiten elektrischen Größe beim Überschreiten des Schwellwerts des Schwellwertschalters (MOV) einen größeren Wert der Wechselrichterfrequenz bewirkt.

3. Schaltungsanordnung gemäß einem der vorigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass, der Wechselrichter eine Ladungspumpe beinhaltet.

4. Schaltungsanordnung gemäß einem der vorigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass, der Wechselrichter ein Halbbrückenwechselrichter ist.

5. Schaltungsanordnung gemäß einem der vorigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass, der Vorheizwiderstand (R1) ein temperaturabhängiger Widerstand mit positivem Temperaturkoeffizienten ist.

6. Schaltungsanordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Vorheizwiderstand (R1) in Serie zu einem elektronischen Schalter geschaltet ist.

7. Verfahren zum Start und Betrieb von Entladungslampen mit einer Schaltungsanordnung gemäß Anspruch 1 gekennzeichnet durch folgende Schritte:

- Bedämpfen des Resonanzkreises (L3, C6, C7) durch einen Vorheizwiderstand (R1) über Elektrodenwendeln von angeschlossenen Entladungslampen,
- Rücknahme der Dämpfung des Resonanzkreises (L3, C6, C7).

### **Zusammenfassung**

Schaltungsanordnung und Verfahren zum Start und Betrieb von Gasentladungslampen mit heizbaren Elektrodenwendeln

Schaltungsanordnung zum Start und Betrieb von Entladungslampen (Lp1, Lp2) mit einer Regelung des Lampenstroms und einer Vorheizung von Elektrodenwendeln. Für die Abfolge von Vorheiz-, Zünd- und Betriebsphase ist keine Steuereinrichtung nötig. Dies wird durch einen Vorheizwiderstand, der seinen Wert nach der Vorheizphase ändert, in Kombination mit erfindungsgemäßen Reglereigenschaften erreicht.

Fig. 1

